

**Evaluación Económica Ex Ante del Programa en Formulación  
“Bolivia Resiliente frente a los Riesgos Climáticos—BO-L1188”**

**Para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)**

**Informe Final: “Evaluación económica ex ante”**

**Consultor: Eduardo Zegarra M**

**13 de Setiembre 2017**

## **CONTENIDO**

I.	Introducción .....	4
II.	Metodología .....	6
III.	Beneficios económicos .....	8
3.1.	Evaluación del proyecto en el Rio Rocha (Cochabamba) .....	8
3.1.1.	Identificación de beneficiarios .....	8
3.1.2.	Estimación de pérdidas anuales esperadas en el ámbito de intervención ....	10
3.2.	Zona de Alpacoma .....	13
3.2.1.	Identificación de beneficiarios .....	13
3.2.2.	Pérdidas estimadas por deslizamientos en Alpacoma .....	14
IV.	Costos económicos .....	16
V.	Rentabilidad económica .....	17
5.1.	Supuestos sobre beneficios .....	17
5.2.	Supuestos sobre costos.....	17
5.2.	Resultados para el escenario base .....	17
VI.	Análisis de sensibilidad .....	19
VII.	Conclusiones.....	22

## **Índice de Cuadros**

Cuadro 1.	Tipos de beneficios y costos en proyectos de mitigación de riesgos.....	6
Cuadro 2.	Clasificación de polígonos en zona expuesta .....	8
Cuadro 3.	Beneficiarios en Alpacoma.....	13
Cuadro 4.	Costos de Inversión.....	16
Cuadro 5.	Rocha: flujos de costos y beneficios del proyecto .....	18
Cuadro 6.	Titiri: flujos económico de beneficios y costos estimados .....	19
Cuadro 7.	Rocha: parámetros para análisis de sensibilidad.....	19
Cuadro 8.	Rocha: análisis de sensibilidad .....	20
Cuadro 9.	Alpacoma: parámetros para análisis de sensibilidad .....	20
Cuadro 10.	Alpacoma: análisis de sensibilidad .....	20
Cuadro 11.	Análisis de sensibilidad expandido.....	21

## **Índice de Mapas**

Mapa 1.	Zona de intervención expuesta a inundaciones en Río Rocha .....	8
Mapa 2.	Zonas expuestas de viviendas y agropecuarias en área intervención .....	9
Mapa 3.	Muestra de viviendas encuestadas en área de intervención.....	9
Mapa 4.	Ráster pérdidas no agropecuarias método IDW (celdas 15x15m) .....	11
Mapa 5.	Ráster pérdidas agropecuarias método Kriging (celdas 15x15m).....	11

Mapa 6. Pérdidas no agropecuarias en ámbito de intervención (Bs.).....	12
Mapa 7. Pérdidas agropecuarias en ámbito de intervención (Bs.).....	12
Cuadro 8. Pérdidas anuales esperadas en zonas de intervención (Bs.).....	12
Mapa 9. Zona de intervención en Alpacoma.....	13

### **Índice de Gráficos**

Gráfico 1. Ocurrencias de deslizamientos en DESINVENTAR .....	14
Gráfico 2. Precio de alquiler de viviendas en El Alto (La Paz).....	15
Gráfico 3. Evolución de flujos del proyecto a valor presente .....	18

## **I. Introducción**

1. Entre 2014 y 2016 el banco apoyó al gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia en una reforma de política pública en el área de gestión del riesgo de desastres (GRD) a través de una serie programática de dos operaciones (BO-L1104 y BO-L1107). Mediante dicha reforma Bolivia ha adoptado un moderno marco normativo, institucional y presupuestal para la GRD que está basado en buenas prácticas internacionales. A raíz de dicha reforma, el Gobierno de Bolivia ha solicitado al banco este nuevo préstamo de inversión que corresponde al Programa: “Bolivia resiliente frente a los riesgos climáticos” (BO-L1188), cuyo fin será financiar la implementación del proceso de reducción de riesgos que está contemplado en el nuevo marco legal.
2. El ejecutor del programa será el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) a través de su Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR). El Fondo de Inversión Productiva y Social (FPS) realizará, por encargo del VRHR, la contratación y supervisión de las obras de control y mitigación del riesgo a sequías, inundaciones y deslizamientos. Con el Programa se pretende realizar inversiones dirigidas a mejorar la resiliencia de Bolivia frente a los riesgos climáticos a través de la reducción del riesgo de inundaciones, deslizamientos y sequías en zonas priorizadas, principalmente en las áreas urbanas.
3. Se identificaron dos zonas potenciales de cobertura del programa: (i) sub cuenca de Alpacoma (Departamento de La Paz) y (ii) sub cuenca del río Rocha (Departamento de Cochabamba). Asimismo, se planteó considerar el riesgo a dos tipos de amenazas naturales: inundaciones y deslizamientos. En ese marco se identificó la presente consultoría correspondiente al desarrollo de los instrumentos de planificación para el Programa “Bolivia resiliente frente a los riesgos climáticos” (BO-L1188).
4. El objetivo de esta consultoría es realizar el análisis económico ex ante del Programa “Bolivia Resiliente frente a los Riesgos Climáticos”, siguiendo los requisitos del Banco, demostrando su justificación y racionalidad económica. Esta evaluación debe incluir un análisis detallado de los componentes que sean acordados con el equipo de preparación. Los objetivos específicos de la consultoría son:
  - Proponer una metodología adecuada para el análisis costo beneficio de los componentes del Programa, y emplear supuestos razonables y claramente especificados, acordados con el equipo de preparación y con base a los estudios previos realizados;
  - Identificar y cuantificar todos los beneficios resultantes de la implementación del programa y asociarlos con los beneficiarios correspondientes, a nivel de cada uno de los tipos de proyecto que va a ser financiado por el programa;
  - Estimar todos los costos asociados (costos de inversión, administrativos, operacionales, gerenciales, etc.) que sean generados durante la vida del Programa;

- Calcular el valor presente neto y la tasa interna de retorno para el Programa en su conjunto, así como para cada uno de sus componentes;
  - Realizar análisis de sensibilidad de la metodología de análisis económico en base a las variables más relevantes.
  - Apoyar en la formulación de la matriz de resultados, proponiendo los indicadores específicos de productos, resultados e impactos del programa por componente, especificando las fuentes de información asociada a los indicadores a medirse.
  - Proveer apoyo técnico puntual al trabajo que realizará el equipo evaluador del BID sobre el diseño e implementación de la evaluación de impacto del proyecto. Esto incluye el diseño muestral, identificación de metodologías de evaluación de impacto del programa ad hoc y diseño de cuestionarios para el relevamiento de información en campo.
5. El presente es el Informe Final de Evaluación Económica ex Ante realizado para el proyecto “Bolivia Resiliente frente a los Riesgos Climáticos—BO-L1188”.

## II. Metodología

7. Se trata de evaluar los beneficios esperados de intervenciones para mitigar el riesgo de inundaciones y deslizamientos sobre poblaciones específicas de Bolivia, los cuales deben ser contrastados con los costos de las intervenciones para obtener el ratio costo-beneficio esperado.
8. En proyectos de mitigación o gestión de riesgos (DRM por sus siglas en inglés), el enfoque central del costo-beneficio es el de pérdidas o daños evitados, es decir, los beneficios del proyecto son evaluados considerando lo que podría ocurrir con los activos públicos y privados y los flujos económicos de los actores involucrados frente a la ocurrencia de eventos de carácter catastrófico como inundaciones y deslizamientos en este caso. Este escenario de ocurrencia es contrastado entre la situación con y sin proyecto, de cuyo contraste se evalúan las pérdidas económicas evitadas. Como se trata de proyectos en torno a eventos sobre los cuales se puede estimar una probabilidad de ocurrencia en el tiempo, se utiliza también un tipo de análisis conocido como “costo-beneficio probabilístico”<sup>1</sup>.
9. El conjunto de beneficios y costos que se podrían evaluar en un proyecto del tipo DRM<sup>2</sup> son:

Cuadro 1. Tipos de beneficios y costos en proyectos de mitigación de riesgos

<b>Beneficios Directos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pérdidas directas evitadas</li><li>• Pérdidas indirectas evitadas</li><li>• Pérdidas no-económicas evitadas</li></ul>	<b>Costos Directos e Indirectos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Planeamiento</li><li>• Construcción</li><li>• Trabajo</li><li>• Materiales</li><li>• Costo de oportunidad de asignación de recursos</li></ul>
<b>Beneficios Extendidos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mejoras en niveles de vida</li><li>• Seguridad alimentaria</li><li>• Infraestructura</li><li>• Sostenibilidad ambiental</li></ul>	

Fuente: Vorhies (2012), pp. 19.

10. Cabe decir que no todos los beneficios y costos son medibles o evaluables en diversos contextos en los que se proponen las intervenciones. En particular, las pérdidas no-económicas son tradicionalmente difíciles de estimar, y muchas veces se utilizan algunas técnicas cualitativas para incorporar este tipo de beneficios en el análisis. Incluso las pérdidas económicas directas e indirectas evitadas son complejas de medir. Éstas dependen crucialmente de la magnitud e intensidad de los eventos a ocurrir, así como de la propia capacidad de los

<sup>1</sup> Kull D., R. Mechler y S. Hochrainer-Stigler (2013) “Probabilistic cost-benefit analysis of disaster risk management in a development context”. En Disasters, Abril 2013.

<sup>2</sup> Vorhies Francis (2012) “The economics of investing in disaster risk reduction”. Working Paper para la Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de NNUU. Versión Final. Diciembre 2012.

agentes y sus activos para enfrentar la ocurrencia (vulnerabilidad), lo cual no es fácilmente medible. Igualmente, los beneficios extendidos implican mediciones complejas en donde las intervenciones tienen impactos más amplios en las comunidades que la propia prevención o mitigación de los riesgos. De otro lado, la medición de costos del proyecto es menos complicado, ya que depende directamente del proceso de formulación, del cual se obtienen los costos esperados.

11. Al implementar la presente metodología de costo-beneficio se ha tenido en cuenta las siguientes orientaciones: (i) los beneficios económicos son adecuadamente identificados y cuantificados, (ii) todos los costos generados por el proyecto estarán incluidos en los cálculos, (iii) los supuestos usados en el análisis son claramente especificados y (iv) se incluye un análisis de sensibilidad con diversos escenarios para identificar las variables que más afectan la viabilidad del proyecto.
12. La metodología de análisis costo/beneficio utilizada se basa en las pérdidas evitadas, haciendo estimaciones de la pérdida anual esperada con y sin intervención. Para realizar dichos cálculos es necesario conocer las distribuciones de probabilidad de las amenazas, la vulnerabilidad y las pérdidas probables. La simulación de las amenazas tiene por propósito identificar a los beneficiarios que se encuentran directamente sobre zonas expuestas, como también determinar la severidad de las amenazas.
13. Como insumos para el análisis se ha contado con los siguientes instrumentos:
  - (i) identificación de las zonas expuestas a inundaciones que serán beneficiadas con el programa en Cochabamba (Río Rocha);
  - (ii) resultados de una encuesta de hogares aplicada a potenciales beneficiarios y no beneficiarios (grupo de control) en las zonas de intervención en Río Rocha;
  - (iii) entrevistas en profundidad a otros actores relevantes como pequeñas empresas y líderes comunales en zona de intervención en Río Rocha.
  - (iv) fuentes secundarias, con información oficial o no oficial sobre las zonas de intervención (caso de deslizamientos en Alpacoma)
14. La encuesta de hogares se aplicó a una muestra estadísticamente representativa de viviendas en zonas susceptibles a inundaciones que serán intervenidas en el ámbito del Río Rocha y la ciudad de Cochabamba. La encuesta también se aplicó a una zona cercana que no será intervenida pero tiene condiciones similares (zona de Control).
15. La encuesta de hogares permitió realizar mediciones relacionadas a los beneficios directos a generar por la intervención, y que básicamente identifican pérdidas de diverso tipo de estos hogares en el lapso de los últimos 10 años. Estas pérdidas serán la base del cálculo de la pérdida anual esperada por tipo, que es la estructura sobre la cual se estimarán los beneficios esperados del programa en un horizonte de tiempo establecido (15 años).
16. En el caso de Alpacoma se utilizó información secundaria tomada de la Encuesta de Hogares del INE para estimar el valor de las viviendas en la zona de

intervención (centro poblado de Titiri), y así poder estimar pérdidas evitadas con un enfoque metodológico similar a utilizado para la zona del Río Rocha.

### III. Beneficios económicos

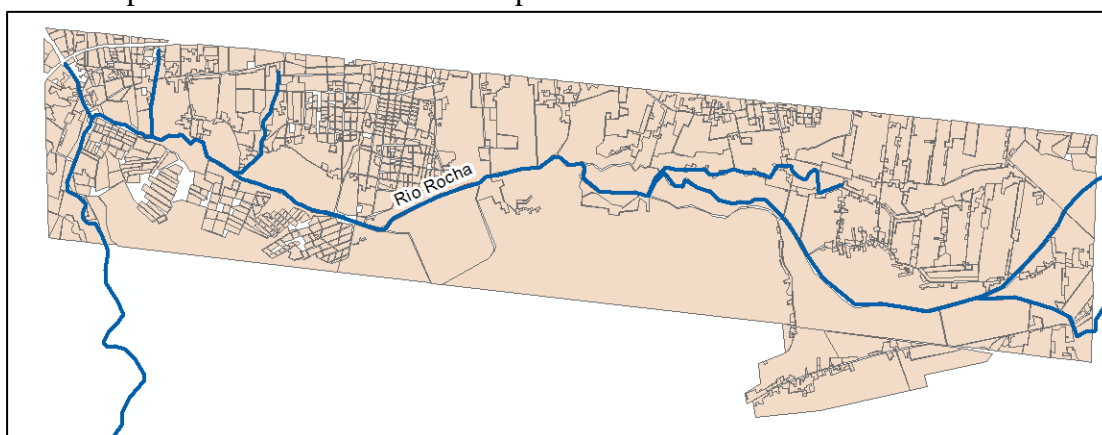
17. En esta sección se identifican a los potenciales beneficiarios y se miden los beneficios esperados del proyecto con base en una encuesta de hogares realizada explícitamente con ese propósito en cada zona de intervención.

#### 3.1. Evaluación del proyecto en el Río Rocha (Cochabamba)

##### 3.1.1. Identificación de beneficiarios

18. Se utilizó información geográfica sobre el área expuesta a inundaciones en el ámbito a intervenir en las inmediaciones del Río Rocha en la ciudad de Cochabamba. La información sobre el área expuesta consta de XX polígonos dispuestos en el siguiente Mapa.

Mapa 1. Zona de intervención expuesta a inundaciones en Río Rocha



19. La clasificación de los polígonos expuestos en la base original es la siguiente.

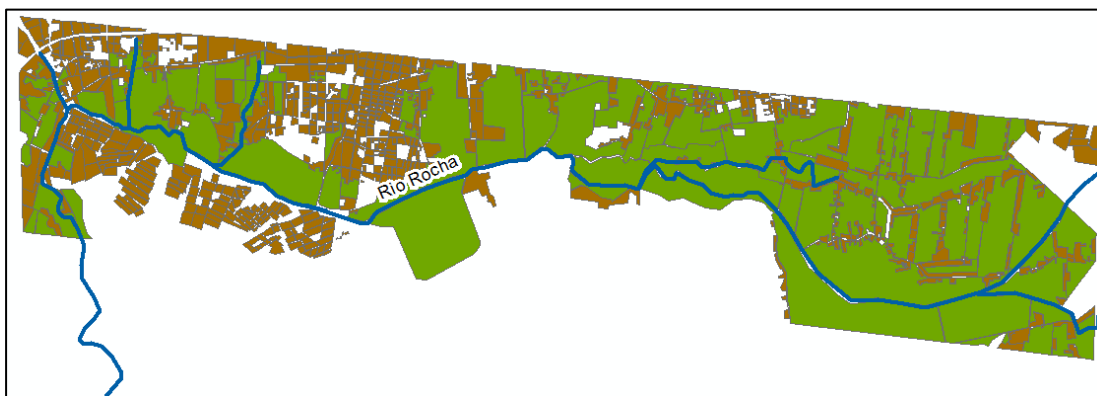
Cuadro 2. Clasificación de polígonos en zona expuesta

	<b>N</b>	<b>% N</b>	<b>Area (m2)</b>	<b>% Area</b>
Cultivo	95	10%	23,218,243	50%
Lote	41	4%	11,090,057	24%
Edificacion	696	73%	10,936,672	23%
Pista Aeropuerto	2	0%	948,134	2%
Bodega	50	5%	291,522	1%
Cancha	6	1%	47,355	0%
Plaza	5	1%	44,008	0%
Cementerio	2	0%	26,245	0%
Subestacion Electrica	2	0%	14,442	0%
Sin clasificación	51	5%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>950</b>	<b>100%</b>	<b>46,616,677</b>	<b>100%</b>



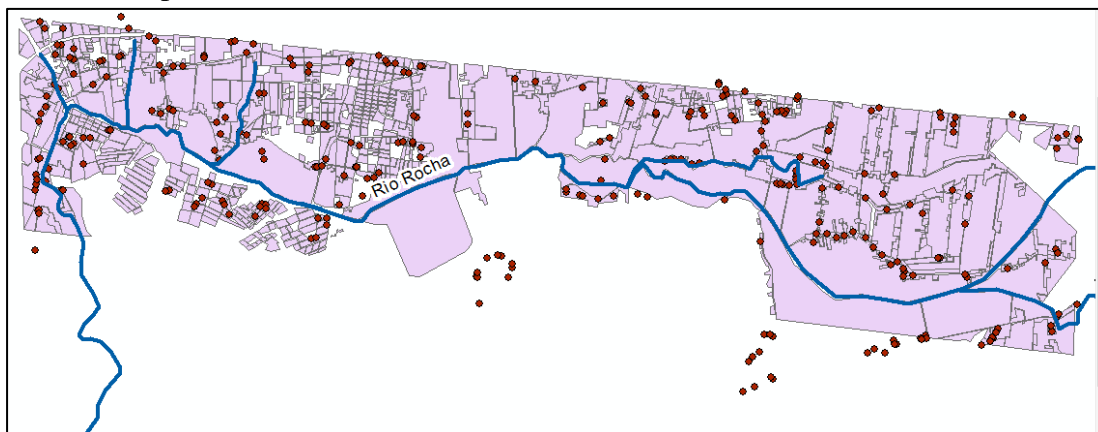
20. Se tiene un total de 950 polígonos con 46.6 millones m<sup>2</sup> de área total, de los cuales 51 polígonos no tienen clasificación ni área establecida. En términos de área, los polígonos clasificados como “Cultivo”, “Lote” y “Edificación” tienen la mayor cantidad de área, mientras “Edificación” abarca al mayor número de polígonos (73%). Para nuestros propósitos, se prestará particular atención a las categorías de “Edificación” y “Cultivo”. La primera contiene a grupos de viviendas de diverso tipo en toda el área, mientras la segunda indica áreas de uso agropecuario. Inicialmente, será posible estimar pérdidas evitadas para estos dos tipos de áreas, que abarcan el 73% del área expuesta y el 83% de polígonos identificados<sup>3</sup>. La distribución espacial de ambos tipos de áreas se puede ver en el mapa siguiente (áreas en verde agropecuarias y marrón de viviendas).

Mapa 2. Zonas expuestas de viviendas y agropecuarias en área intervención



Sobre esta base, el siguiente paso para identificar a los beneficiarios fue utilizar los resultados de la encuesta a hogares. Como se explica en el Anexo 1, la muestra de tratamiento de la encuesta se tomó en 30 puntos distribuidos en forma uniforme en el ámbito de la zona de intervención. Adicionalmente, en el ámbito de cada punto seleccionado se tomó una muestra de 10 viviendas a ser encuestadas, las cuales tuvieron una distribución aleatoria y dispersa. La distribución final de las viviendas encuestadas se muestra en el mapa siguiente.

Mapa 3. Muestra de viviendas encuestadas en área de intervención



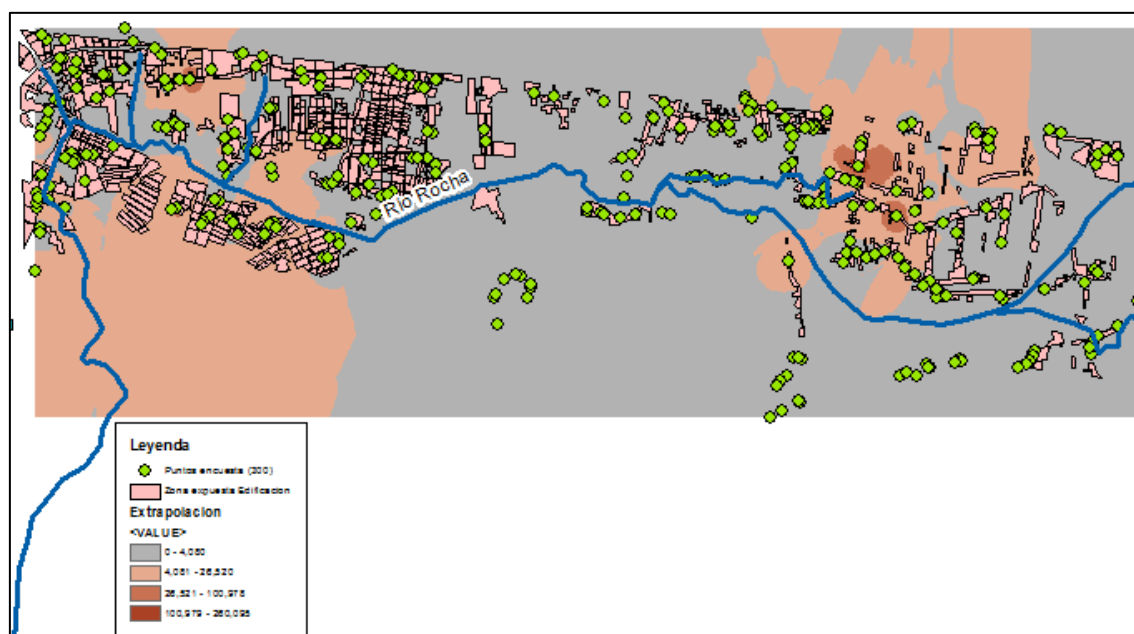
<sup>3</sup> Queda por definir la situación de otros dos categorías potencialmente importantes: (i) Lotes y (ii) Bodega (que está generalmente asociada a instalaciones de fábricas o empresas en la zona).

21. Debido a que la encuesta recaba información sobre pérdidas por inundación de hogares con activos agropecuarios y no agropecuarios, es posible utilizar la información de la encuesta para identificar pérdidas de tipo agropecuario y no agropecuario de aquellos y que serán la base para estimar la pérdida anual esperada por tipo de polígono. Esta asignación se describe a continuación.

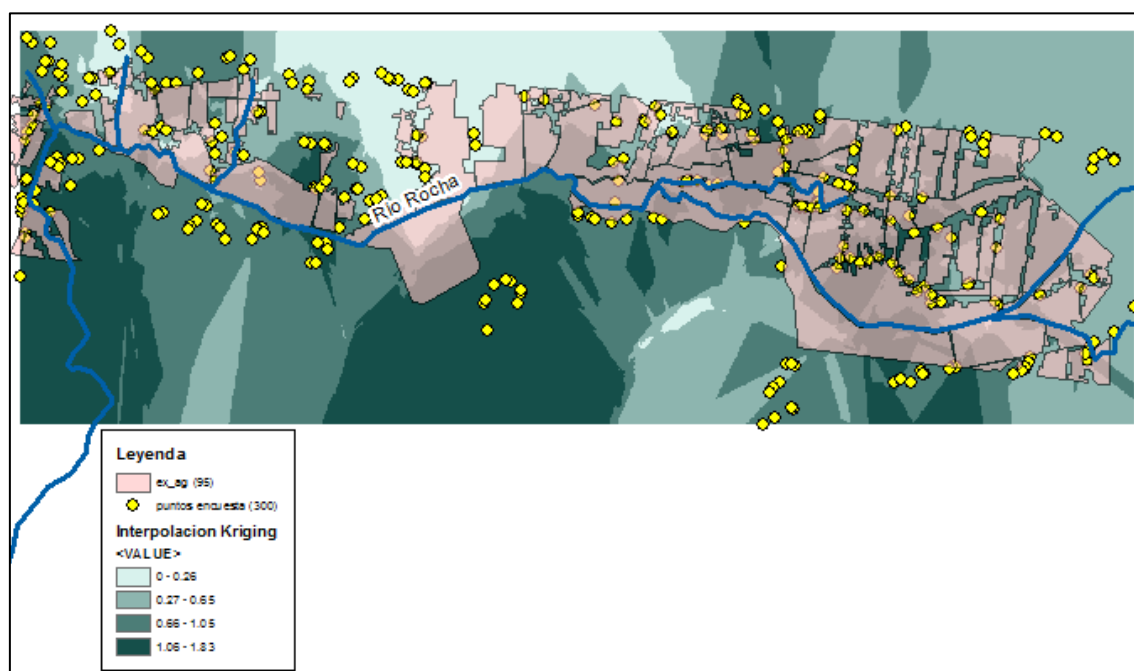
### ***3.1.2. Estimación de pérdidas anuales esperadas en el ámbito de intervención***

22. Para la estimación de pérdidas esperadas anuales utilizamos los resultados de la encuesta de hogares. Se distinguen dos tipos de pérdida: (i) agropecuarias y (ii) no agropecuarias. En ambos casos se utilizó el módulo de pérdidas económicas (monetarias) sufridas (y declaradas) por los encuestados durante el periodo 2007-2017, tomando el promedio de pérdida anual de los cuatro eventos de mayor intensidad. Con esto es posible generar un valor de pérdida anual esperada para cada punto en el mapa y para cada tipo de pérdida (agropecuaria y no agropecuaria).
23. Debido a que se requiere extrapolar estas pérdidas al conjunto de polígonos bajo análisis, en el caso de las pérdidas agropecuarias se estimó la pérdida promedio por metro cuadrado de área agropecuaria del hogar. Este valor luego puede ser multiplicado por el área agropecuaria de cada polígono con “Cultivo” para obtener el valor total de las pérdidas agropecuarias anuales esperadas en el ámbito.
24. En el caso de las pérdidas no agropecuarias, se sumaron todos los otros tipos de pérdidas (daños en vivienda, en bienes, de comercio, en pérdida de ingresos y por gastos de salud) en un promedio anual de pérdida no agropecuaria por vivienda. Este valor luego se multiplica por el número de viviendas en cada polígono con “Edificación” para obtener las pérdidas anuales totales no agropecuarias esperadas.
25. Un elemento importante de la metodología de asignación de pérdidas a los polígonos fue el uso de técnicas de extrapolación geográfica desde los puntos de la encuesta a las áreas de polígonos en el ámbito de intervención. En el análisis geográfico existen diversas opciones para realizar estas extrapolaciones, dependiendo del objetivo del análisis. En nuestro caso utilizamos la técnica de Inverse Distance Weight (IDW) para extrapolar las pérdidas no agropecuarias y la técnica de Kriging para extrapolar las pérdidas agropecuarias. En ambos casos se establecieron celdas de 15x15 metros para el ráster y 12 puntos para cada extrapolación. Los rasters generados para cada tipo de pérdida se muestran en los siguientes dos mapas.

Mapa 4. Ráster pérdidas no agropecuarias método IDW (celdas 15x15m)

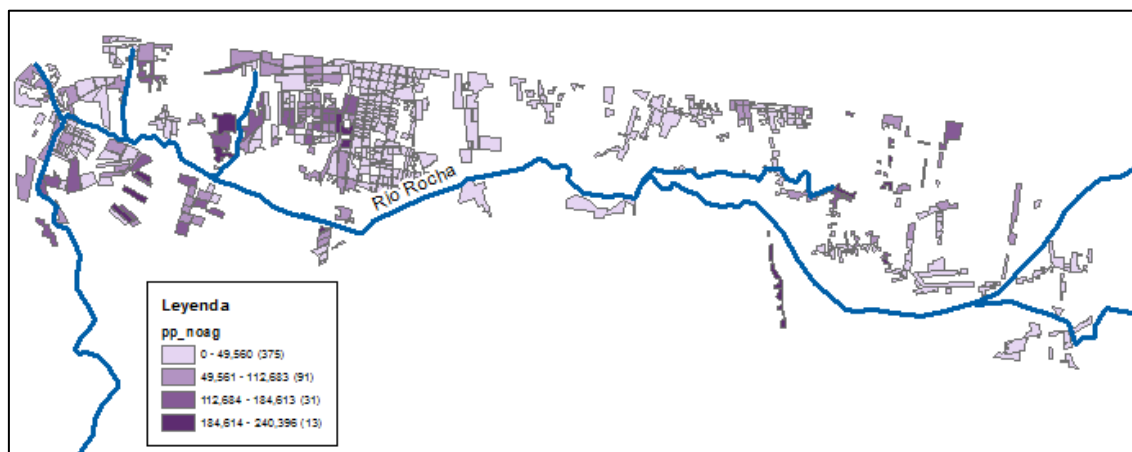


Mapa 5. Ráster pérdidas agropecuarias método Kriging (celdas 15x15m)

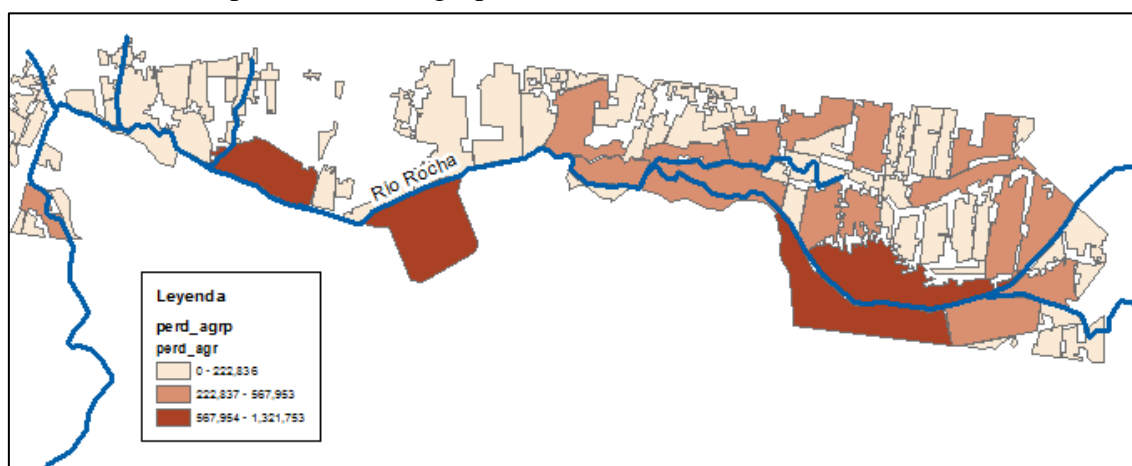


26. En ambos casos, se estimó el valor promedio de la pérdida para cada tipo de polígono utilizando el programa ArcMap (utilizando la opción de estadísticas zonales). Este valor de pérdida promedio extrapolado por polígono luego se multiplicó por el número de edificaciones en las pérdidas no agropecuarias y por el área en m2 del polígono para las pérdidas agropecuarias para llegar el valor estimado de cada tipo de pérdida en toda el área evaluada.

Mapa 6. Pérdidas no agropecuarias en ámbito de intervención (Bs.)



Mapa 7. Pérdidas agropecuarias en ámbito de intervención (Bs.)



27. La combinación de ambos tipos de pérdidas (en Bolivianos, Bs.) genera el estimado global de pérdida anual esperada en el ámbito de intervención. Los valores estadísticos de las pérdidas esperadas totales se puede ver en el cuadro siguiente.

Cuadro 8. Pérdidas anuales esperadas en zonas de intervención (Bs.)

	No agropecuarias	Agropecuarias	Total
Pérdidas (Bs)	33,446,414	16,836,109	50,282,523
Promedio (Bs.)	61,823	177,222	119,523
Mínimo (Bs.)	0	0	0
Máximo (Bs.)	2,714,041	1,321,753	2,714,041
Desv. Estd. (Bs.)	158,327	235,503	196,915
Polígonos	541	95	636

28. Para una zona evaluada con exposición a riesgo de inundaciones en el área de intervención de 541 polígonos con viviendas y 95 polígonos con área agropecuaria, se tiene un total de pérdida anual esperada por inundaciones de

50.3 millones de Bolivianos, que es equivalente a US\$ 7.3 millones anuales al tipo de cambio de 6.9 Bs. por US dólar. De este total, 67% de las pérdidas corresponden a las no agropecuarias (daños en viviendas, bienes, comercio, salud e ingresos no percibidos), mientras 33% en pérdidas sufridas en terrenos agropecuarios. Estos estimados serán utilizados en la Sección V sobre rentabilidad económica para proyectar los beneficios por pérdidas evitadas, luego de evaluar los costos de la intervención bajo evaluación.

### 3.2. Zona de Alpacoma

#### 3.2.1. Identificación de beneficiarios

29. En la zona de Alpacoma se ha definido al centro poblado de Titiri como el ámbito de intervención que sería beneficiado por obras de control de procesos de deslizamiento. El área de intervención se puede ver en el mapa siguiente

Mapa 9. Zona de intervención en Alpacoma



30. Se identificaron un total de 193 viviendas, muchas de las cuales tienen dispersión (menos de 3 viviendas en conglomerados), como se puede ver en el siguiente cuadro.

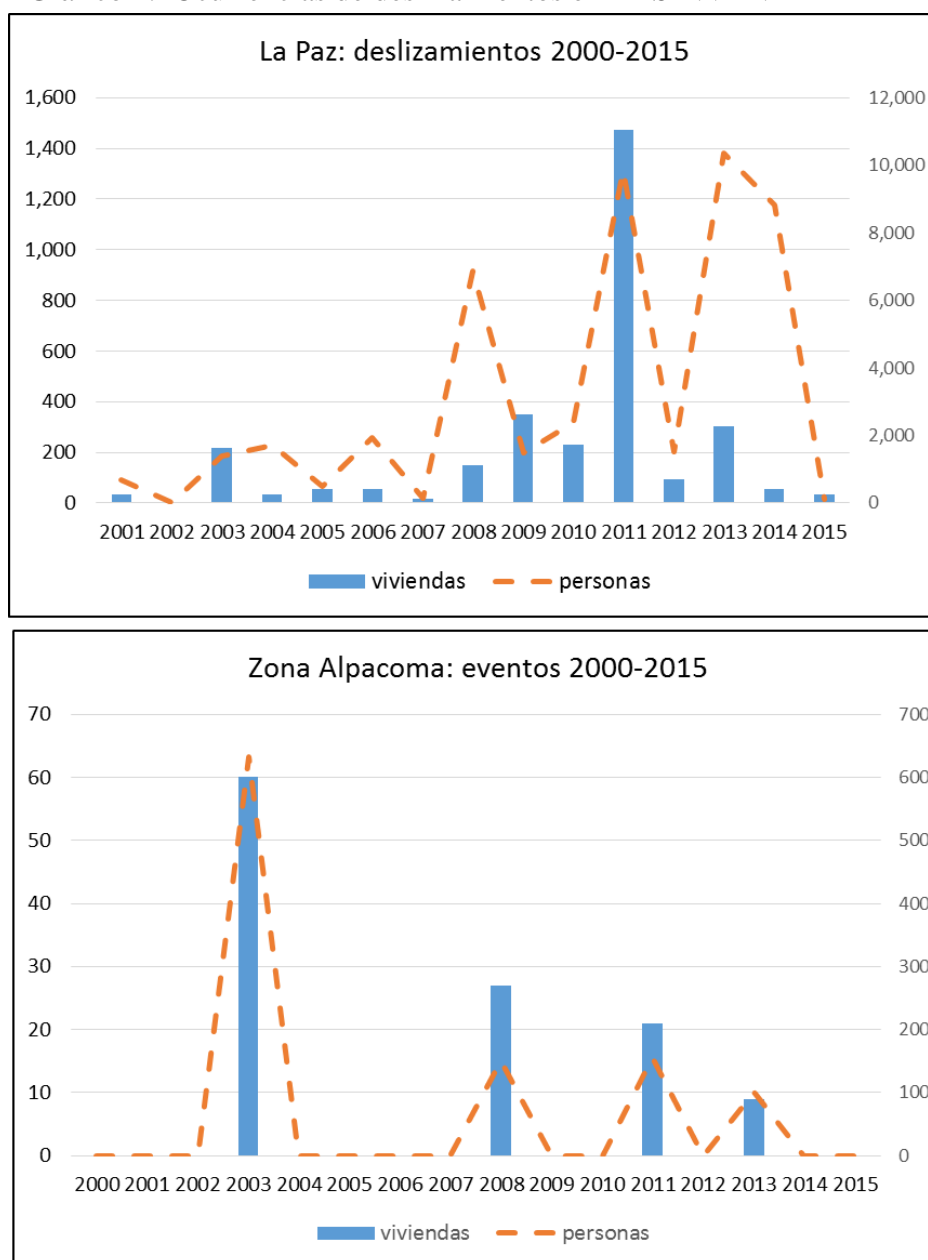
Cuadro 3. Beneficiarios en Alpacoma

	<b>Viviendas</b>	<b>Has</b>
<=3 viviendas	167	0.90
4-5 viviendas	9	0.06
>= 6 viviendas	17	0.13
<b>Total</b>	<b>193</b>	<b>1.09</b>

31. Para analizar los procesos de deslizamientos en Alpacoma se utilizó la base de datos DESINVENTAR con información para el periodo 2000-2015 para el departamento de La Paz en general y para la zona más específica de Alpacoma.

La evolución de las series de deslizamientos ocurridos en ambos lugares y personas/viviendas afectadas por éstos se muestra a continuación.

Gráfico 1. Ocurrencias de deslizamientos en DESINVENTAR



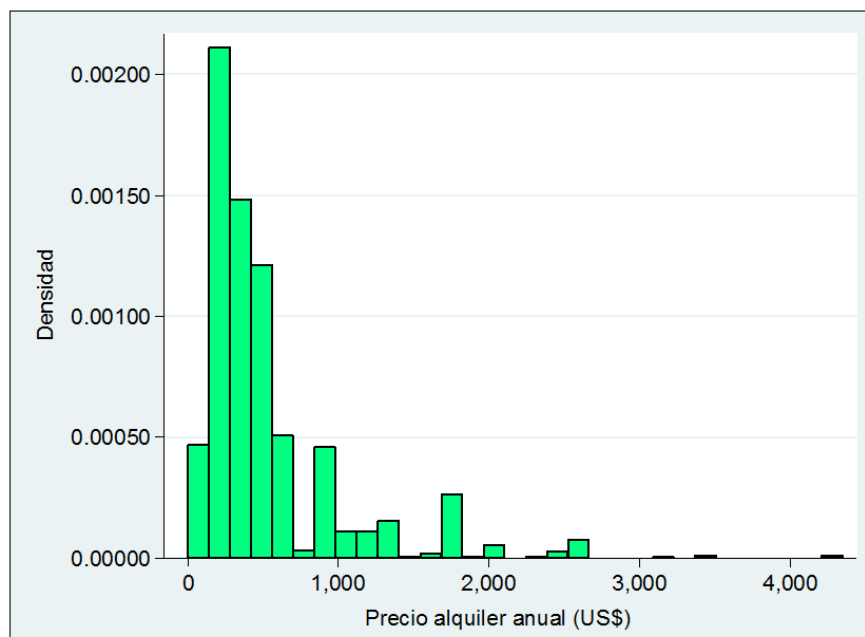
32. En la zona específica de Alpacoma se ha tenido un promedio de 7.6 viviendas afectadas por año en el periodo 2000-2015, con un promedio de 64 personas afectadas. Posteriormente usamos el promedio de viviendas afectadas para medir las pérdidas evitadas potenciales de un programa de control de deslizamientos.

### 3.2.2. Pérdidas estimadas por deslizamientos en Alpacoma

33. En el caso de Alpacoma no tenemos una encuesta de hogares como en Río Rocha por lo que usaremos datos secundarios que nos puedan dar una idea del valor de las viviendas potencialmente afectadas por deslizamientos en la zona.

34. Para este fin utilizaremos la Encuesta de Hogares que INE utiliza para medir los ingresos y gastos de las familias bolivianas en ámbitos urbanos. La encuesta que tiene codificado a los municipios es la del año 2014, dentro de la cual identificamos al municipio de El Alto. La zona de Titiri tiene continuidad con la zona urbana de El Alto, por lo que se puede asumir que los precios de viviendas pueden ser referenciales.
35. Se procesó el módulo de vivienda de la encuesta para el año 2014 y se utilizó el valor de alquiler declarado o supuesto para las viviendas

Gráfico 2. Precio de alquiler de viviendas en El Alto (La Paz)



36. Con estos datos se pasó a estimar un flujo de ingresos esperado a 50 años con una tasa de descuento de 12% y que nos permite aproximarnos al valor presente promedio de una vivienda en El Alto. Los resultados de esta estimación se pueden ver a continuación. US\$ 553 por año es precio promedio alquiler vivienda en El Alto. Esto implica un valor medio de una vivienda de US\$ 19,000 con td de 12% a 50 años.
37. Las 193 viviendas de Titiri tendrían un valor total de US\$ 3.7 millones. La pérdida anual esperada sería de US\$ 138,700 (7.3 viviendas afectadas x valor medio de US\$ 19,000). Este es el valor medio de pérdida esperada que asumiremos para los cálculos de costo beneficio en la sección V luego de describir los costos de los proyectos.

#### IV. Costos económicos

38. Los costos del proyecto<sup>4</sup> se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Costos de Inversión

	<b>Costo (US\$)</b>	<b>%</b>
<b>Río Rocha</b>		
1. Cochabamba	3,101,268	35%
2. Colcapirhua	394,666	5%
3. Quillacollo	3,079,551	35%
4. Vinto	320,850	4%
5. Sipe Sipe	1,860,128	21%
<b>Total Rocha</b>	<b>8,756,463</b>	<b>100%</b>
<b>Alpacoma</b>		
Titiri	545,418	100%
<b>Total Alpacoma</b>	<b>545,418</b>	<b>100%</b>
<b>Total general</b>	<b>9,301,881</b>	

39. El costo total estimado de inversión en la zona del Río Rocha asciende a US\$ 8.8 millones. Los costos más altos se ubican en los distritos de Cochabamba (35%) y Quillacollo (35%). La zona de Vinto (4%) es la que tiene menos inversión.
40. Para Titiri, los costos estimados de las obras son de US\$ 545,000. El total a invertir es de US\$ 9.3 millones en ambas zonas.
41. Sobre la base de estos costos se realizará la evaluación de rentabilidad económica (costo-beneficio) tanto del proyecto en el Río Rocha como de Titiri a continuación. También se presentará la evaluación global de ambos proyectos.

---

<sup>4</sup> El análisis económico considera solamente un subconjunto de los costos del Componente I debido que las obras de reducción de riesgos y adaptación a cambio climático de este componente han sido concebidas bajo la modalidad de obras múltiples.



## V. Rentabilidad económica

42. Para el cálculo de la rentabilidad económica de cada proyecto es necesario proyectar los flujos de beneficios e costos en un periodo de tiempo determinado y generando un escenario base de proyección. En este caso se utilizarán 15 años como horizonte temporal de evaluación. Igualmente, se requiere establecer la tasa de descuento aplicable a estos flujos (para definir el valor presente, en un contexto en el que los recursos disponibles en el futuro son menos valiosos que los que se disponen actualmente). Siguiendo las pautas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), utilizaremos la tasa anual de 12% para descontar los flujos del proyecto.

### 5.1. Supuestos sobre beneficios

43. **Río Rocha.** Un primer supuesto es respecto al momento en que se generan los beneficios de las obras. Se asumirá para el escenario base que los beneficios se iniciarán en el Año 3 del proyecto, una vez que una buena parte de las obras estén terminadas y puedan cambiar el nivel de exposición a las inundaciones de la zona intervenida. Otro supuesto se refiere a la proporción de pérdidas que se reducirían con las intervenciones. En un escenario muy optimista, se podría reducir el 100% de las pérdidas, pero esto es poco factible ya que aún con mejoras sustanciales de infraestructura no es posible evitar totalmente inundaciones, especialmente de gran escala. Por eso tomaremos como escenario base una reducción en 70% de las pérdidas anuales esperadas. **Alpacoma.** En este caso se asumirá en el escenario base que las obras empiezan a generar beneficios desde el Año 2, y que las obras logran reducir las pérdidas esperadas en 80%. Igualmente, se asume que los costos de O&M significan un 10% del costo total de las obras a ser incurridos desde el Año 3 en adelante.

### 5.2. Supuestos sobre costos

44. **Río Rocha.** En cuanto a los costos de inversión no recurrentes, asumiremos que estos se generan en forma escalonada en 20%, 50% y 30% en los primeros 3 años del proyecto, y que luego se incurren en costos de operación y mantenimiento (O&M) recurrentes equivalente al 15% del valor total de lo invertido en cada año para el resto del horizonte. Adicionalmente, se asume que el costo de la mano de obra representa un 49% de los costos totales, a la cual se le aplicará un factor de ajuste de 0.43 aplicable a mano de obra semi-calificada (precio social).

45. **Alpacoma.** También se asume una estructura de gasto de 20%, 50% y 30% en los primeros 3 años del proyecto pero luego costos de operación y mantenimiento (O&M) recurrentes equivalentes al 10% del valor total de lo invertido en cada año para el resto del horizonte. Se asume lo mismo que en Río Rocha con respecto a la mano de obra y sus ajustes por precio social.

### 5.2. Resultados para el escenario base

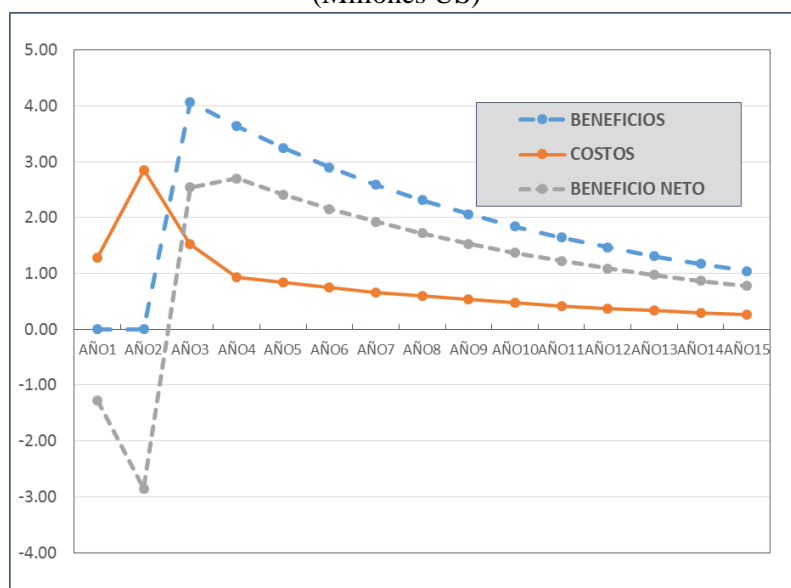
46. **Río Rocha.** En el cuadro siguiente se presentan los flujos de beneficios y costos obtenidos sobre la base de los supuestos antes descritos para el proyecto en Río Rocha.

Cuadro 5. Rocha: flujos de costos y beneficios del proyecto  
(Millones US\$)

	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8	AÑO9	AÑO10	AÑO11	AÑO12	AÑO13	AÑO14	AÑO15	TOTAL
<b>CORRIENTES</b>																
BENEF	0.00	0.00	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	66.43
COSTOS REC.	1.28	3.20	1.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.40
O&M	0	0	0	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	15.75
COSTOS TOT.	1.28	3.20	1.92	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	22.15
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
FACTOR DESCUENTO	1.00	0.89	0.80	0.71	0.64	0.57	0.51	0.45	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	
<b>VALOR PRESENTE</b>																
BENEFICIOS	0.00	0.00	4.07	3.64	3.25	2.90	2.59	2.31	2.06	1.84	1.65	1.47	1.31	1.17	1.05	29.31
COSTOS	1.28	2.86	1.53	0.93	0.83	0.74	0.66	0.59	0.53	0.47	0.42	0.38	0.34	0.30	0.27	12.15
BENEFICIO NETO	-1.28	-2.86	2.54	2.70	2.41	2.15	1.92	1.72	1.53	1.37	1.22	1.09	0.97	0.87	0.78	17.16
<b>TIR</b>	<b>49%</b>															

47. El total de beneficios a valores corrientes del proyecto es de US\$ 66.43 millones, mientras los costos ascienden a US\$ 22.15 millones. A valor presente, el beneficio total del proyecto es de US\$ 29.31 millones, mientras el costo de US\$ 12.15 millones, para un beneficio neto a valor presente de US\$ 17.16 millones. En el gráfico siguiente se presenta la evolución de los beneficios, costos y beneficios netos a valor presente del proyecto.

Gráfico 3. Evolución de flujos del proyecto a valor presente  
(Millones US)



48. Con este flujo, la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto asciende a 49%.

49. **Alpacoma.** El flujo económico estimado para el proyecto en Alpacoma se presenta a continuación.

Cuadro 6. Titiri: flujos económico de beneficios y costos estimados

	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8	AÑO9	AÑO10	AÑO11	AÑO12	AÑO13	AÑO14	AÑO15	TOTAL
<b>CORRIENTES</b>																
BENEF	0	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	110,960	1,553,440
COSTOS REC.	79,631	199,077	119,446	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	398,155
O&M	0	0	0	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	654,501
COSTOS TOT.	79,631	199,077	119,446	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	54,542	1,052,656
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
FACTOR DESCUENTO	1.00	0.89	0.80	0.71	0.64	0.57	0.51	0.45	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	
<b>VALOR PRESENTE</b>																
BENEFICIOS	0	99,071	88,457	78,979	70,517	62,962	56,216	50,193	44,815	40,013	35,726	31,898	28,481	25,429	22,705	735,462
COSTOS	79,631	177,748	95,222	38,822	34,662	30,948	27,633	24,672	22,029	19,668	17,561	15,679	14,000	12,500	11,160	621,934
BENEFICIO NETO	-79,631	-78,676	-6,765	40,157	35,855	32,013	28,583	25,521	22,786	20,345	18,165	16,219	14,481	12,930	11,544	113,527
<b>TIR</b>	<b>9%</b>															

50. El flujo de beneficios a valores corrientes es de US\$ 1.55 millones y el de costos de US\$ 1 millón. A valor presente, los beneficios totales ascienden a US\$ 735 mil, y los costos a US\$ 621 mil, con un beneficio neto de US\$ 113 mil. Con estos flujos en el escenario base, la TIR para el proyecto en Alpacoma asciende a 9%.

51. **Evaluación global.** Para el programa global se asume que las obras en Rocha y Alpacoma representan un 43% del total. Asumiendo una estructura de beneficios y costos similares para el 100% del programa, se pueden plantear los números para el escenario base. En general, el valor presente neto de las obras financiadas por BO-L1188 valorada a precios sociales es de US\$ 39.25 millones. La tasa interna de retorno es de 48.5%. Los beneficios derivados de proyectos de mitigación de inundaciones equivalen a un beneficio neto de US\$ 39.0 millones. Asimismo, los beneficios netos económicos generados por obras de estabilización de laderas y reducción del riesgo ante deslizamientos representan US\$ 0.258 millones<sup>5</sup>.

## VI. Análisis de sensibilidad

52. **Rocha.** Algunos de los supuestos utilizados en la sección previa que construyó el escenario base del proyecto serán sometidos a un análisis de sensibilidad. Se definen dos escenarios alternativos al escenario base, uno de bajo retorno, y otro de alto retorno. Los parámetros que se modifican en cada escenario son:

Cuadro 7. Rocha: parámetros para análisis de sensibilidad

	BAJO	BASE	ALTO
PERDIDAS EVITADAS	60%	70%	80%
AÑO INICIO	AÑO4	AÑO3	AÑO2
% O&M INVERSION	18%	15%	12%

<sup>5</sup> La evaluación global solo considera el Componente I debido a las dificultades para asignar beneficios al Componente II (gestión de conocimientos sobre riesgos). Aun así, es importante hacer hincapié en que el monto del Componente II equivale a sólo 1.7% del presupuesto total. Para mejor reflejar la rentabilidad del conjunto de actividades implementadas bajo el programa, en el análisis de sensibilidad se evalúa el impacto en la rentabilidad de incorporar al Componente II en los costos.

53. Se modifican los porcentajes de pérdida evitada, el año de inicio de los beneficios y el porcentaje de los costos de O&M con respecto a la inversión total no recurrente. Se mantienen constantes la tasa de descuento (12%); el horizonte de evaluación (15 años); y la evolución de los costos no recurrentes de 20%, 50% y 30% en los primeros 3 años del proyecto.

54. Los resultados del análisis de sensibilidad en Rocha con respecto a la TIR son.

Cuadro 8. Rocha: análisis de sensibilidad

	BAJO	BASE	ALTO
(1) PERDIDAS	38%	49%	59%
(2) AÑO INICIO	26%	49%	158%
(3) COSTOS O&M	46%	49%	51%
<b>TODOS (1+2+3)</b>	<b>18%</b>	<b>49%</b>	<b>205%</b>

55. En el escenario de bajo retorno, las menores pérdidas evitadas reducen la TIR de 49 a 38%, el año de inicio posterior a 26% y los mayores costos O&M a 46%. El conjunto de supuestos de este escenario llevan la TIR al mínimo de 18%. De otro lado, en el escenario de alto retorno, las mayores pérdidas evitadas aumentan la TIR de a 59%, el año de inicio más próximo a 158% y los menores costos de O&M a 51%, El conjunto de supuestos lleva la TIR a su valor máximo de 205%. De los tres parámetros, el año de inicio de beneficios es el que tienen mayor impacto en la TIR, mientras que los costos de O&M tiene un impacto bastante pequeño.

56. **Alpacoma.** El análisis de sensibilidad en Alpacoma se estructura en los siguientes ajustes a los supuestos básicos.

Cuadro 9. Alpacoma: parámetros para análisis de sensibilidad

	BAJO	BASE	ALTO
PERDIDAS EVITADAS	70%	80%	90%
AÑO INICIO	AÑO3	AÑO2	AÑO1
% O&M INVERSION	12%	10%	8%

57. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 10. Alpacoma: análisis de sensibilidad

	BAJO	BASE	ALTO
(1) PERDIDAS	2%	9%	16%
(2) AÑO INICIO	1%	9%	69%
(3) COSTOS O&M	5%	9%	12%
<b>TODOS (1+2+3)</b>	<b>-8%</b>	<b>9%</b>	<b>23%</b>

58. El escenario de bajos retornos lleva la TIR total a un mínimo de -8%, mientras en el escenario de alto retorno esta sube a 23%. Al igual que

59. en Rocha, el parámetro de año de inicio de los beneficios es el que tiene más influencia en la variación de la TIR.

60. Análisis de sensibilidad expandido. Tomando en cuenta estos resultados y asumiendo que éstos pueden expandirse al total del programa, en el siguiente cuadro se presenta un análisis de sensibilidad para el conjunto del programa.

Cuadro 11. Análisis de sensibilidad expandido

	BENEF NETO	TIR	BENEF EXP
BASE			
ROCHA	17.16	48.7%	39.0
ALPACOMA	0.114	8.8%	0.258
TOTAL	17.27	48.5%	39.25
BAJO			
ROCHA	8.18	18.1%	18.6
ALPACOMA	-0.119	-7.9%	-0.270
TOTAL	8.06	18.5%	18.3
ALTO			
ROCHA	27.86	205%	63.31
ALPACOMA	0.254	23%	0.58
TOTAL	28.109	203.2%	63.89

61. El escenario base arroja una TIR expandida de 48.5%. De otro lado, en el escenario de retorno bajo, la TIR baja a 18.5% y sube a 203.3% en el escenario de alto retorno.

62. Adicionalmente, para el análisis de sensibilidad se incorporó el componente II del proyecto (gestión del conocimiento de riesgos) en los costos (representan el 1.7% de los costos totales) para evaluar si se altera significativamente el resultado de la evaluación económica. En el cuadro siguiente se puede ver que no hay un impacto significativo en los estimados.

Cuadro 12. Costo-beneficio considerando Componente II

	BENEF NETO	TIR	BENEF EXP
BASE			
ROCHA	17.06	47.7%	38.8
ALPACOMA	0.107	8.1%	0.244
TOTAL	17.17	47.2%	39.02
BAJO			
ROCHA	8.09	17.7%	18.4
ALPACOMA	-0.125	-8.2%	-0.284
TOTAL	7.96	17.8%	18.1
ALTO			
ROCHA	27.76	199%	63.09
ALPACOMA	0.253	18%	0.58

TOTAL	28.011	196.4%	63.66
-------	--------	--------	-------

63. La TIR global se reduce de 48.7 a 47.7% para Rocha y de 8.8% a 8.1% para Alpacoma. La TIR global se reduce de 48.5% a 47.2%. En conjunto, la consideración del componente II en los costos tiene un efecto marginal en los resultados debido a su reducido tamaño en los costos totales

## VII. Conclusiones

64. El proyecto de inversión en obras para el control de inundaciones y deslizamientos en la zonas del Río Rocha en la ciudad de Cochabamba y en Titiri en Alpacoma muestra una rentabilidad esperada positiva, con una TIR global de de 48.5% en un escenario base sustentado en supuestos razonables sobre la posible evolución de costos y beneficios del proyecto expandido.
65. Con base en una serie de escenarios alternativos plausibles sometidos a análisis de sensibilidad, se determinó que el valor presente neto atribuible a estos proyectos se ubica de manera consistente entre los USD 18.3 y 63.89 millones, con tasas internas de retorno oscilando entre el 18.5 y 203.2 %. Aún bajo los supuestos más conservadores, donde se asumen impactos por debajo de los valores sugeridos en la literatura, el análisis económico sugiere un valor presente neto de USD 18.3, con una tasa interna de retorno de 18.5%, reflejando que BO-L1188 es una inversión económicamente viable. Si se consideran los costos del componente II (1.7% de los costos totales), no hay una variación significativa en los resultados obtenidos, la TIR global del proyecto cae ligeramente de 48.5% a 27.2%.
66. En las condiciones actuales y en base a la información obtenida para la presente evaluación, el proyecto tiene una rentabilidad esperada positiva con los parámetros establecidos por el BID para evaluar proyectos de inversión.